Münster 1937 No 54 Med DiSS

Aus dem Pharmakologischen Institut
der Westfälischen Wilhelms-Universität Münster (Westf.)

Über den Einfluß von Alkali- und Erdalkalisalzen auf die Oxydation der Bernsteinsäure

Inaugural-Dissertation

zur Erlangung der zahnmedizinischen Doktorwürde der Hohen Medizinischen Fakultät der Westfälischen Wilhelms-Universität zu Münster / Westf.

Vorgelegt von
Josef Hartmann
Zahnarzt
aus Essen-Katernberg

1936

Druckausführung Buchdruckerei Franz Grube, Werne a. d. Lippe

Dekan: Professor Dr. med. K. W. Jötten

Referent: Privatdozent Dr. med. et phil. W. Haarmann

R. UNIV.
BIBLIOTHEEK
LEIDEN

Gedruckt mit Genehmigung der Medizinischen Fakultät
der Westfälischen Wilhelms-Universität Münster (Westf.)

Dem Andenken
meines im Kriege gefallenen Vaters!

Digitized by the Internet Archive
in 2026

https://archive.org/details/IA41547203_0175

Einleitung.

Im Schrifttum wurden bereits des öfteren Versuchsreihen über den Einfluß von körpereigenen Salzen auf die Sauerstoffatmung überlebenden Gewebes besprochen. Bei der Bedeutung, die den Salzen für den Ablauf der Lebensfunktionen des gesamten Organismus wie der einzelnen Zelle zukommt, ist das nicht weiter verwunderlich. Gegenstand der Untersuchungen waren schon früher hauptsächlich das Natriumion, welches das zahlenmäßig weit vorherrschende Kation der blutreichen und blutbildenden Gewebe darstellt wie auch, gebunden an Chlor, einen wesentlichen Bestandteil der Körpersäfte ausmacht, ferner das Kalium-, Calcium- und Magnesiumchlorid.

Warburg's [1]) Untersuchungen an Seeigeleiern ergaben, daß ihr Sauerstoffverbrauch sowohl in isotonischer NaCl-Lösung als auch in NaCl- + KCl-Lösung gesteigert ist. Diese Steigerung konnte er durch Zusatz von Calciumsalzen jedoch leicht wieder zur Norm zurückbringen. Der gleiche Autor [2]) ließ isotonische $CaCl_2$-, $BaCl_2$- und $MgCl_2$-Lösung auf gefrorene und wieder aufgetaute Gänseerythrozythen einwirken und stellte dabei eine deutliche Schädigung der Sauerstoffaufnahme fest. K. Meier [3]) fand, daß $CaCl_2$ die Gewebsoxydation, speziell den Abbau der Milchsäure, des Glykogens, der Glukose im Herzmuskel und der Bernsteinsäure herabsetzt, die Oxydation der Glukose im Hirngewebe sowie der Hexosediphosphorsäure jedoch anregt, daß $MgCl_2$ im allgemeinen entgegengesetzte Wirkungen zeigt und nur in der Oxydation der Glukose, Bernsteinsäure und der Hexosediphosphorsäure mit $CaCl_2$ übereinstimmt. Besonders beachtenswert bei seiner Arbeit ist die kombinierte Calcium- und Magnesiumwirkung auf die Bernsteinsäureoxydation, die stark angeregt wird, während die Salze jedes für sich stark hemmen. Diese Tatsache, daß die Wirkung zweier für sich schädlicher Ionen durch ihre gemeinsame Gegenwart aufgehoben werden kann, beobachtete J. Loeb [4]) zuerst und prägte das Wort „Ionenantagonismus". Meyerhof [5]) arbeitete mit Froschmus-

kulatur, die er mit Ca-haltigen Lösungen ausgewaschen hatte, und fand ebenfalls eine Atmungshemmung. An Froschmuskelbrei zeigte Lange[6]) eine Hemmung im Sauerstoffverbrauch durch $CaCl_2$-Lösungen. Nur in ganz geringen Konzentrationen dieser Lösung war die Atmung erhöht. J. Leibowitz[7]) tränkte zerkleinertes Nierengewebe mit verschiedenen Salzlösungen und kam zu dem Ergebnis, daß die Atmung in normaler Ringer-Lösung nicht wesentlich größer sei als in einer entsprechenden Kochsalz-$CaCl_2$-Lösung, und daß Kalium keine deutliche Wirkung auf die Atmungsgröße zeige. Minimale Mengen von Magnesium ließen das mit Kalium optimal versorgte Gewebe stärker atmen; in größeren Dosen zu normaler Ringer-Lösung zugesetzt, wirkte es hemmend. Folsche[8]) untersuchte die Einwirkung verschiedener Neutralsalze der Hofmeister'schen Reihe, und zwar des Na_2SO_4, NaCl, NaJ, Na-acetat und Na-tartrat auf die diastatischen Fermente und stellte manchmal eine schützende Wirkung der Salze auf diese Fermente fest. Die gleichen Beobachtungen konnten Schäfer und Schmidt[9]) machen, die den Einfluß der auch in vorliegender Arbeit verwendeten Salze auf die Stärke- bezw. Eiweißverdauung untersuchten.

Vorliegende Arbeit nun soll die Einwirkung von NaCl, KCl, $MgCl_2$, $CaCl_2$, NaJ, NaSCN, Na_2SO_4, K_2SO_4 und $MgSO_4$ in verschiedenen isotonischen Konzentrationen auf die Sauerstoffatmung ausgewaschener Skelettmuskulatur vom Rind behandeln. Untersuchungen an ausgewaschenem Gewebe haben insofern Bedeutung, als daran bestimmte Fermentreaktionen besser zu beobachten sind, da eine Reihe aktivierend wirkender Stoffe bei der Extraktion ausgezogen wird. Durch Auswaschen des Muskelgewebes kommt die Atmung darin zum Stillstand. Das Hinzufügen eines wässrigen Extraktes aus einer anderen Portion Muskel reaktiviert die Atmung wieder. Meyerhof wies nach, daß nicht allein ein wässriger Extrakt als solcher, sondern sogar Muskelkochsaft die Atmung des Gewebes nach dem Auswaschen wieder anregt. Thunberg[10]) fand verschiedene Substanzen, durch die der Oxydationsvorgang des extrahierten Gewebes reaktiviert werden kann, und zwar sind dies in der Hauptsache Bernsteinsäure, Fumarsäure, Citronensäure und Apfelsäure. In schwächerem Maße wirken Glutarsäure, Glutaminsäure und Milchsäure. Diese Stoffe werden im Gewebe oxydiert. Wenn die Milchsäure — wie Meyerhof[11]) annimmt, das Vorhandensein eines Cofermentes zur Oxydation erfordert, so bedarf die Bernsteinsäure zu ihrer Oxydation gar keines oder nur einer Spur Coferments.

Da der Gewebsbrei nach den Versuchen häufig eine Volumenänderung erkennen ließ, lag der Gedanke nahe, mögliche Beziehungen zwischen Atmung und Quellung des Gewebes durch systematisch durchgeführte Reagenzglasversuche zu prüfen. (Ueber Methodik hierzu siehe weiter unten.)

Ueber das interessante Problem der Quellung durch Säuren, Alkalien und Salze ist im Schrifttum bereits manches nachzulesen. Auffallend ist jedoch, daß derartige Versuche fast stets mit Gelatine ausgeführt wurden, kaum aber mit Gewebe, was doch eigentlich zu erwarten wäre. Die Hofmeister'schen Ionenreihen wurden zuerst auf Grund von Versuchen über Quellung aufgestellt. Hofmeister[12]) suchte zu erforschen, wie sich der gesamte Quellungsvorgang ändert, wenn als Quellungsflüssigkeit nicht Wasser, sondern, wie dies den lebenden Zellen gegenüber der Fall ist, eine Lösung von chemisch differenten Stoffen, in erster Linie Salzlösung, dient. Er legte feste Gelatinestücke in hochkonzentrierte Lösungen von verschiedenen Salzen und fand, daß die Gewichtszunahme der Gelatine je nach Art der gelösten Substanz verschieden war. Es trat entweder eine Quellung oder Entquellung in Erscheinung, was sich durch Wägen der Platten zahlenmäßig erfassen ließ. Es zeigte sich, daß das Ergebnis von der Art des Salzes abhing, da die Quellungsresultate auch bei gleicher Anzahl Molekeln auf 1000 Teile Wasser auseinandergingen. Eine Ursache dieser Verschiedenheit liegt in dem Wasseranziehungsvermögen der Salze. Wie Hofmeister sagt, sollen die Alkalisalze zwei- und dreibasischer Säuren (Sulfate, Citrate, Tartrate) wohl infolgedessen, daß sie leicht in wäßrigen Lösungen dissociieren, ein höheres molekulares Wasseranziehungsvermögen besitzen als die Salze einbasischer Säuren (Chloride, Bromide, Nitrate, Chlorate). Unter den Salzen einbasischer Mineralsäuren soll das molekulare Wasseranziehungsvermögen der Chlorate und Nitrate hinter denen der Chloride zurückstehen. Nach der Wirkung auf Kolloide teilt Hofmeister die Salze in zwei Gruppen ein, in solche, die die Quellung begünstigen und solche, die sie hemmen. Quellend auf Gelatine wirken Jodid, Chlorid, entquellend Sulfat, Tartrat, Acetat. Sehr stark wirksam sind Säuren und Alkalien. Sie steigern bereits in geringer Menge die Quellbarkeit der Kolloide. Donnan[13]) stellte eine Theorie für die Erklärung dieser Quellung auf und führte aus: Setzt man dem Wasser Säure oder Alkali zu, so bilden sich ionisierende Gelatinesalze, und es muß sich zwischen dem Gel und der Außenflüssigkeit ein Streben nach Ausgleich finden. Dieses ist dadurch gekennzeichnet, daß der osmotische Druck der kristalloiden Ionen im Innern höher wird

als der osmotische Druck in der Außenflüssigkeit. Diese höhere Konzentration der kristalloiden Ionen im Gelinnern bewirkt die unter dem Einfluß von Säuren vorsichgehende Quellung. Neutralsalze vermindern die Quellung in saurer und alkalischer Lösung sehr stark. Für diese Wirkung ergibt sich die folgende Reihenfolge: Tartrat, Phosphat, Sulfat, Acetat, Chlorid. Der Einfluß jedes Salzes auf die Quellung steigt zunächst mit seiner Menge an, erreicht ein Maximum und nimmt dann wieder ab. Für die Erklärung der Fermentwirkung ist die quellende und entquellende Wirkung oft herangezogen worden. Durch die Quellung wird die Oberfläche der Kolloide und, da die Fermente kolloider Natur sind, auch die Oberfläche der Fermente vergrößert, durch Entquellung verkleinert. Die fördernde bzw. hemmende Wirkung von Salzen wird auf eine Vergrößerung resp. Verkleinerung der Gesamtoberfläche der kolloiden Fermentlösung zurückgeführt. Hofmeister führte aus, daß die Wasseraufnahme um so rascher erfolgt, je dünner die quellende Membran ist. Alle homogenen Membranen, welche die Osmose gestatten, sind in jener Flüssigkeit quellbar, der sie den Durchtritt gestatten. Eine Konzentrationsänderung der diffundierenden Lösung muß zunächst eine Aenderung in dem Quellungszustand der Membran, eine Anpassung an die neu gegebenen Bedingungen im Gefolge haben, ehe sich eine Aenderung in der Konzentration der durchtretenden Flüssigkeit ergeben kann. Eine solche Anpassung muß um so rascher beendet sein, je dünner die Membran ist. Auf den Tierkörper angewandt, erfahren die Verhältnisse dadurch eine Aenderung, daß die Quellungsfähigkeit der einzelnen Stoffe in Salzlösungen zum Teil eine ganz andere ist als die in reinem Wasser.

Hofmeister[12]) beobachtete außer Gelatine auch das Verhalten von Tierblase in Neutralsalzlösungen. Seine Ergebnisse hierbei bezeichnet er selbst als unvollständig, doch zeigen sie, daß für die Quellung geformter Gewebsbestandteile dieselben Gesetze maßgebend sind, die sich bei den Versuchen mit Leimgallerte ergaben. Die Gelatine ist eine homogene Substanz, das Protoplasma der Körperzelle jedoch besteht nicht aus einem einzigen quellbaren chemischen Körper sondern aus mehreren innig gemengten Substanzen, durchtränkt von Lösungen, deren chemische Beschaffenheit bei Aufnahme von Stoffen in Betracht kommen muß. Ueberdies sind in diese gequollene Masse ungelöste Teilchen anderer fester oder flüssiger Stoffe eingelagert, welche infolge ihrer chemischen Verwandtschaft und Oberflächenwirkung alle in diesem Gewebe stattfinden Vorgänge beeinflussen können. So ergibt sich eine Fülle von kompizierten

Möglichkeiten, die bis heute noch unübersehbar sind. Hofmeister führte weiter aus, es käme, da die tierische Membran vorwiegend aus Bindegewebe und glatten Muskeln bestehe, speziell bei letzteren zu einer Durchtränkung durch Endosmose. Eine weitere Fehlerquelle sei die Löslichkeit bestimmter Gewebsstoffe in manchen Salzlösungen, wodurch einige seiner Versuche unbrauchbar geworden seien. Die großen Unterschiede bei den verschiedenen Salzen in der Gewichtsvermehrung führt er auf echte Quellung und endosmotische Durchtränkung zurück. Die endosmotische Aufnahme einer Lösung durch eine porenfreie Membran setzt voraus die vorhergehende Aufnahme derselben seitens der Membran, also eine entsprechende Quellung derselben. Bei der Quellung von tierischer Membran seien hauptsächlich zwei Momente wirksam, einmal die Wasseranziehung, d. h. die mechanische Affinität, welche zwischen den Wasserteilchen und den Teilchen der gelösten Substanz besteht, dann auch bestimmte Beziehungen zwischen der Membran und dem gelösten Salz, welche zum Teil der Wasseranziehung entgegenwirken oder diesen Einfluß überkompensieren. Diese letzteren Beziehungen, die am einfachsten als Affinität von Membranbestandteilen zu den Salzteilchen gedeutet werden, führen zur Bildung „mechanischer" Verbindungen von höherem Quellungsvermögen und kommen bei den Magnesiumsalzen der Salpeter- und Salzsäure am ausgesprochensten zur Geltung, wo in allen untersuchten Konzentrationen eine viel größere Gewichtszunahme als in Wasser eintrat. Ihnen zunächst steht als quellungsbegünstigend das Natriumbromid, während die Chloride in den höheren Konzentrationen schon deutlich hemmend wirken. Aus dem Zusammenwirken beider Momente schloß Hofmeister, daß bei diesen Salzen eine bestimmte Konzentration für die Quellung die günstigste sei.

Die Größe der Quellung ist abhängig von der Permeabilität der Zellmembran [14]). Der osmotische Druck wird hauptsächlich bedingt durch den Salzgehalt des flüssigen Zellinhaltes. Die Zellmembran ist in den meisten Fällen für Wasser durchgängiger als für die gelösten Stoffe. Die Permeabilität ist bei verschiedenen Salzkonzentrationen verschieden groß. Theoretisch stellt man sich die Aenderung in der Permeabilität der Zellwand so vor, daß die Salze eine Zustandsänderung der hydrophilen Plasmahautkolloide bedingen. Die Durchgängigkeit der Zellmembran für Säuren, Basen und Salze untersuchte man zuerst an Pflanzenzellen. Overton [14]) stellte die Behauptung auf, daß die neutralen Alkali- und Erdalkalisalze, die anorganischen Salze überhaupt, nicht eindrängen, da sie in hypertonischer Lösung

andauernd plasmolysierten. Hanstein-Cranner[16]) untersuchte die Schädigung, die durch Salzlösungen an den Wurzeln von Keimpflanzen hervorgerufen wurde und fand, daß es dabei zu einer starken schleimigen Verquellung der Zellwände kommt, die zu ihrer Auflösung führt. Dieser Vorgang beruht darauf, daß durch Alkali- und Mg-Salze Lipoide, Pektinstoffe und Phytosterine aus der Zellwand herausgelaugt werden, welche, an sich schon quellbar, in Gegenwart der genannten Salze noch stärker quellen. Ca-Salze dagegen üben keine zerstörende Wirkung auf die Wurzeln aus und bringen die genannten Stoffe zur Entquellung. Man kann sich demnach vorstellen, daß in umgekehrter Weise infolge von Quellung und Auflockerung die Permeabilität der Plasmahaut durch die Alkali- und Mg-Salze abnorm erhöht wird, während Ca-Salze die Durchgängigkeit niedrig halten. Es wurden auch tierische Zellen untersucht. Dabei stellte sich heraus, daß Blutkörperchen unter natürlichen Verhältnissen für die Neutralsalze so gut wie undurchlässig sind. Das osmotische Verhalten untersuchte Overton[15]) nach der Wägemethode und erhielt als Ergebnis, daß Froschmuskulatur in 0,7 %iger Kochsalzlösung stundenlang sein Ausgangsgewicht behält, daß es aber bei einer Konzentration von 0,6 % quillt und bei 0,9 % schrumpft. Overton teilt die Kalisalze in zwei Gruppen ein. Zur ersten gehören Chloride, Bromide, Jodide. Diese verursachen auch in isotonischer Konzentration Quellung. Zur zweiten Gruppe gehören die Sulfate. Tartrate, das Aethylsulfat und -acetat, unter deren Einwirkung die Muskeln ihr Gewicht konstant erhalten.

Winterstein[17]) versuchte, osmotische und kolloidale Volumenänderungen zu trennen. Er untersuchte einerseits intakte, andererseits fein zerschnittene oder mit Sand zerriebene Muskeln. Von beiden legte er Proben nacheinander in 0,7 %ige NaCl-Lösung, 110 Minuten in aqu. dest. und 60 Minuten in eine 5 %ige NaCl-Lösung. Es stellte sich heraus, daß nur intaktes Muskelgewebe sein Gewicht entsprechend den osmotischen Verhältnissen ändert, während die Muskelkkolloide in aqu. dest. ihr Gewicht nicht ändern, in hypertonischer 5 %iger NaCl-Lösung jedoch quellen. Diese Versuchsergebnisse am zerschnittenen Muskelgewebe stehen also in direktem Gegensatz zu den Ergebnissen Overton's am intakten Muskelgewebe, das in hypotoner Lösung quillt.

Stiasny und Ackermann[18]) fanden, daß trockenes Hautpulver in hochkonzentrierten Salzlösungen stärker als in Wasser quillt. Loeb[19]) meint dazu, hier bestände der Einfluß

der hohen Salzkonzentrationen wahrscheinlich in einer Vermehrung der Löslichkeit und einer Verminderung der Kohäsion zwischen den Molekülen des festen Kollagens, wodurch ein Hindurchdiffundieren des Wassers durch die sonst impermeable Substanz ermöglicht wurde.

Aus dem Vorhergehenden zeigt sich immer wieder, daß der Zellmembran für die Quellung größte Bedeutung zukommt. Vor allem die Versuche an tierischem Gewebe scheiterten oft an den komplizierten Verhältnissen der Membran und der damit verbundenen verschiedenen Durchlässigkeit für Lösungen. So ist es leicht zu verstehen, daß sich das Interesse der Forschung des öfteren auf dieses überaus schwierige Problem richtete. Leider findet man im Schrifttum noch keine einheitliche Theorie, die einwandfrei den Bau der Zellwand und alle die verwickelten Vorgänge in ihr bei der Permeabilität erklärt. Es stehen heute noch verschiedene Ansichten nebeneinander, die zwar sehr interessant, aber nicht ganz fehlerfrei sind. Pfeffer[20]) ist der Verfechter der Porentheorie. Er denkt sich die Zellen von einer semipermeablen Membran umschlossen, von feinsten Poren durchsetzt. Traube[21]), auch ein Anhänger dieser Ansicht stellte eine Niederschlagsmembran künstlich her und kam auf Grund seiner Untersuchungen zu dem Schluß, die feinen Poren seien gerade so groß, daß sie dem Wassermolekül freien Durchtritt gewährten, das größere Molekül eines gelösten Stoffes jedoch festhielten. Dagegen stellte Lhermite[22]) seine Lösungstheorie. Nach ihr beruht die Durchlässigkeit einer Membran für Wasser und gelöste Stoffe auf deren Löslichkeit in der Zellwandsubstanz selbst. Nernst[23]) vertritt den gleichen Standpunkt und führt noch aus, die Plasmahaut habe eine auswählende Lösefähigkeit für die verschiedenen Stoffe. Daraus entwickelt Overton[24]) seine Lipoidtheorie, wonach die Zellen sich so verhalten sollen, als seien sie von einer fetthaltigen, lipoiden Membran umschlossen. Daher könnten lipoidlösliche Stoffe eindringen, lipoidunlösliche jedoch nicht. Nathansohn[25]) bemerkt zu dieser Ansicht, die Membran müsse, wenn sie eine fetthaltige Haut sei, auch Wasser den Durchtritt verwehren. Da dies aber nicht der Fall ist, lehnt er die Lipoidtheorie Overton's ab und stellt ein Mosaiktheorie auf. Die Zellwand, so sagt er, sei kein einheitliches Gebilde, sondern sei wie ein Mosaikbild gleichsam aus kleinsten Steinchen zusammengesetzt. Die Steinchen seien nicht permeabel, wohl aber die Kittsubstanz zwischen ihnen.

Methodik:

Die Versuche über den Einfluß der neun Salze auf die Sauerstoffaufnahme des extrahierten Muskels wurden ausgeführt mit der im hiesigen Institut gebräuchlichen Methode von Warburg. Als reaktivierend wirkender Stoff auf die Atmung des ausgewaschenen Gewebes diente bernsteinsaures Natrium in einer Konzentration von 1%. Da frühere Arbeiten, z. B. die von Meier[3]) erkennen ließen, daß das Maß der Atmung überlebenden Gewebes stark abhängig ist vom Milieu, wurden die Versuche unternommen einmal in solchem von neutralem, dann von saurem und alkalischen Charakter. Von jedem der neun Neutralsalze wurden fünf verschiedene isotonische Konzentrationen hergestellt, deren Stärke aus den Tabellen hervorgeht. Letztere wurden der besseren Uebersicht wegen so angeordnet, daß O_2-Verbrauch und O_2-Prozent zum Kontrollversuch K_1 ($K_1 = 100$) gesondert dargestellt wurden.

Die Prüfung auf Quellung oder Entquellung bildet einen Anhang zur eigentlichen Arbeit. Die Versuchsanordnung war denkbar einfach. Es wurden in Reagenzgläser von gleicher Weite 4 g fein zerkleinertes Gewebe eingefüllt, dem 12 ccm des auch bei der Atmungsuntersuchung verwendeten Milieus und 6 ccm Salzlösung in drei verschiedenen isotonischen Konzentrationen zugesetzt wurden. Um eine möglichst gute Durchtränkung der Gewebsteilchen zu erreichen, wurde das Ganze ab und zu kräftig durchgeschüttelt. Nach einiger Zeit setzte sich das Gewebe ab, wobei Quellung oder Entquellung durch Vergleich mit den Kontrollversuchen (K_1 = Wasser: K_2 = Ringer) gut festzustellen war. Zahlenmäßig erfaßt wurden die Ergebnisse durch Messen der Gewebe- und Gesamtsäule. Der Quotient der beiden Säulen ist in den Tabellen enthalten und gesondert dazu durch Vergleich mit Kontrollversuch K_1 (= 100) die Quellung oder Entquellung in Prozenten angegeben.

Es soll nun zuerst die Einwirkung der neun Salze auf die Sauerstoffzehrung besprochen werden, daran anschließend die Ergebnisse der Prüfung auf Quellung und Entquellung.

Versuchsreihe 1.

Die Versuchsreihe 1 prüft den Einfluß der angegebenen Salze auf den Sauerstoffverbrauch des ausgewaschenen Muskels in neutraler Lösung. Die Ergebnisse sind in Tabelle 1 enthalten. Die Salze verhalten sich ziemlich gleichmäßig. Sie hemmen die

Tabelle 1

Ausgewaschener Skelettmuskel

Zusatz: Bernsteinsaures Natrium

cmm O_2

Salz	Isotonie						
	K_1	0,25	0,5	1,0	2,0	4,0	K_2
NaCl	676	558	449	340	322	87	314
KCl	666	538	482	296	252	91	306
$MgCl_2$	670	474	317	155	69	26	310
$CaCl_2$	662	353	234	96	50	34	304
NaJ	668	361	249	129	71	33	308
NaSCN	664	295	176	100	60	44	312
Na_2SO_4	666	620	559	508	184	148	308
K_2SO_4	664	634	630	527	245	189	302
$MgSO_4$	662	431	402	178	112	91	310
O_2 % vom Kontrollversuch K_1. $K_1 = 100$							
NaCl	100	82	66	50	34	13	47
KCl	100	83	73	45	38	13	46
$MgCl_2$	100	71	47	23	13	4	46
$CaCl_2$	100	53	35	14	8	6	46
NaJ	100	54	37	17	11	6	46
NaSCN	100	44	26	16	9	7	50
Na_2SO_4	100	93	84	76	28	22	48
K_2SO_4	100	97	96	80	38	29	46
$MgSO_4$	100	65	61	27	17	13	47

K_1: ohne Zusatz
K_2: 1 fach Ringer

Atmung in allen Konzentrationen, am stärksten in der vierfachen Isotonie, im schwächsten in der 0,25 fachen Isotonie. Die größte Atmungsschädigung verursachen $MgCl_2$, $CaCl_2$, NaJ und NaSCN, bei denen mit zunehmender Konzentration die Hemmungskurve

regelmäßig ansteigt und bei 4facher Isotonie eine Atmungsverringerung von über 90% macht. Die Atmung ist ungefähr aufgehoben. Die anderen Salze hemmen ebenfalls stark, doch zeigt sich bei ihnen ein fast Gleichbleiben in den niedrigsten Konzentrationen. Etwas abweichend verhalten sich Na_2SO_4 und K_2SO_4, die in den niederen Konzentrationen kaum schädigen und auch in 4facher Isotonie die Atmung nur auf 22 bezw. 29% des Kontrollversuchs K_1 herabsetzt, während durch NaCl, KCl und $MgSO_4$ die Hemmung fast vollkommen ist. Ringerlösung im Kontrollversuch K_2 weist ebenfalls, verglichen mit Kontrollversuch K_1, eine Verminderung in der Sauerstoffaufnahme um mehr als 50% auf. Sie verhält sich so, als bestünde sie lediglich aus NaCl, bei dem die Hemmung gleich groß ist.

Versuchsreihe 2.

Die 2. Versuchsreihe zeigt die Einwirkung der Salze bei saurem Milieu. Den sauren Charakter der Suspensionsflüssigkeit erzeugte Zusatz von Bernsteinsäure zum bernsteinsauren Natrium. Wie Hofmeister ausführt, lassen Säuren das Gewebe quellen. Dadurch wird sein Sauerstoffaufnahmevermögen geschädigt. Zusatz von Neutralsalzen zu Säuren jedoch soll die Quellung wieder weitgehend aufheben. Um das zweckmäßigste Mischungsverhältnis der beiden Lösungen zu ermitteln, wurde ein besonderer Versuch ausgeführt. Es wurden m/100-Lösungen von Bernsteinsäure bezw. bernsteinsaurem Natrium in den angegebenen Mischungsverhältnissen zunächst auf ihren Einfluß auf den O_2-Verbrauch untersucht. Bei einem Mischungsverhältnis: 3 Teile Bernsteinsäure zu 7 Teilen bernsteinsaurem Natrium beträgt der O_2-Verbrauch ungefähr ¼ des O_2-Verbrauchs vom bernsteinsauren Natrium.

Bernsteinsäure	10	7	5	3	0
bernsteins. Natrium	0	3	5	7	10
cmm O_2	26	29	44	153	618

Die gefundenen Werte lassen erkennen, daß mit fallendem Säureanteil die Atmung sich wieder hebt. Als Mischungsverhältnis wurde gewählt 3 Teile Bernsteinsäure zu 7 Teilen bernsteinsaurem Natrium. Die Säurewirkung ist auch hierbei noch so

stark, daß sie, verglichen mit dem Zusatz von bernsteinsaurem Natrium allein, eine Hemmung des Sauerstoffverbrauchs von 75% herbeiführt. Es fragt sich nun, ob durch Zusatz der Neutralsalzlösungen die quellende Wirkung der Säure wieder zurückgedrängt werden kann, was sich ja in der Sauerstoffaufnahme auswirken muß.

Tabelle 2

Ausgewaschener Skelettmuskel

Zusatz: Bernsteinsaures Natrium + Bernsteinsäure

cmm O_2

Salz	Isotonie						
	K_1	0,25	0,5	1,0	2,0	4,0	K_2
NaCl	142	77	72	30	22	18	39
KCl	139	77	63	35	28	25	36
$MgCl_2$	147	53	52	29	26	25	38
$CaCl_2$	142	59	54	25	20	20	36
NaJ	145	49	47	29	23	22	36
NaSCN	136	43	42	24	21	19	34
Na_2SO_4	143	94	92	54	31	23	36
K_2SO_4	139	127	115	72	58	45	34
$MgSO_4$	135	46	46	27	20	20	34
O_2 % vom Kontrollversuch K_1. $K_1 = 100$							
NaCl	100	54	51	21	15	12	28
KCl	100	51	45	26	20	18	26
$MgCl_2$	100	36	36	20	18	17	26
$CaCl_2$	100	42	38	18	14	14	25
NaJ	100	34	33	20	16	15	26
NaSCN	100	32	31	18	15	14	25
Na_2SO_4	100	66	65	38	22	15	27
K_2SO_4	100	92	83	52	42	33	26
$MgSO_4$	100	34	34	20	15	15	25

K_1: ohne Zusatz
K_2: 1fach Ringer

Die Ergebnisse der Versuchsreihe 2 zeigt die Tabelle 2. Wie in der ersten Tabelle, so ergibt sich auch hier ein einheitliches Bild. Die Regelmäßigkeit ist sogar noch ausgesprochener als bei der ersten Versuchsreihe. Alle Salze verursachen starke Hemmung der Atmung. Die größten Hemmungswerte weist wieder die 4fache Isotonie auf, die schwächste auch hier die niedrigste isotonische Konzentration. Bei der 0,25fachen und 0,5fachen Isotonie bleibt sich jedes Salz unter sich fast gleich, beim Uebergang in die normale Isotonie ist ein stärkeres Absinken der Atmung festzustellen. Dann bleibt die Sauerstoffzehrung bis zur 4fachen Isotonie fast gleich. Die Salze schädigen alle fast gleich stark. Der O_2-Verbrauch wird bei allen Salzen in höchster Konzentration bis auf 14—18% vom Kontrollversuch K_1 herabgesetzt. Nur K_2SO_4 betont die Hemmung nicht so stark. Sie erreicht nur einen Wert von 33%. Ringer im Kontrollversuch K_2 zeigt ebenfalls eine Verminderung der Sauerstoffzehrung um mehr als 70%.

Die Annahme Hofmeisters über die quellungshemmende Wirkung der Salze bei Zusatz zu Säuren wird durch vorliegende Versuchsergebnisse nicht gestützt. Die Tabellen zeigen, daß der Zusatz von Salzen in saurem Milieu die Hemmung nicht aufhebt, sondern im Gegenteil ein weiteres starkes Absinken der Atmung bewirkt.

Versuchsreihe 3.

In der Versuchsreihe 3 wurde das Verhalten der Salze in alkalischem Milieu beobachtet. Für den alkalischen Charakter sorgte ein Zusatz von Boraxlösung (Konzentration 24/2000) zum bernsteinsauren Natrium. Die Tabelle 3 zeigt, daß das regelmäßige Bild der beiden ersten Versuchsreihen diesmal nicht wiederkehrt. Die O_2-Aufnahme ist ungefähr ⅔ so groß wie in neutraler Lösung. Es zeigt sich zum erstenmale eine wenn auch nur leicht gesteigerte Atmung in den niederen Konzentrationen der Salze. Nur die drei Sulfate verhalten sich abweichend. Sie hemmen in der niedrigsten Konzentration um ungefähr 40%, Na_2SO_4 und K_2SO_4 erreichen darauf in normaler Isotonie die Werte des Kontrollversuches K_1, wonach in den beiden höchsten Konzentrationen wieder eine Schädigung der Atmung um 50% eintritt. $MgSO_4$ bleibt bis zur 0,5 fachen Isotonie fast gleich und fällt dann gleichmäßig in seinen Werten ab. Die Atmung steigert sich bei NaCl optimal um 29%. Dieser Wert liegt in halber isotonischer Konzentration. $CaCl_2$ erreicht in der niedrigsten Isotonie ein Maximum von 25%, $MgCl_2$ in der niedrigsten Konzentration einen höchsten Wert von 17% Atmungssteigerung. Die

erhöhten Werte der anderen Salze sind praktisch zu gering, als daß sie besondere Beachtung verdienten. Bei 4facher Isotonie hemmen alle Salze stark. Die Schädigung ist am größten bei NaJ, $CaCl_2$, $MgCl_2$ und NaSCN, am geringsten bei K_2SO_4.

Tabelle 3

Ausgewaschener Skelettmuskel

Zusatz: Bernsteinsaures Natrium + Boraxlösung

cmm O_2

Salz	Isotonie						
	K_1	0,25	0,5	1,0	2,0	4,0	K_2
NaCl	395	457	551	416	184	92	453
KCl	398	421	437	358	168	50	458
$MgCl_2$	390	474	285	154	61	42	452
$CaCl_2$	386	515	327	210	80	35	452
NaJ	386	437	428	207	43	24	450
NaSCN	386	413	391	177	69	49	452
Na_2SO_4	391	216	304	361	134	62	454
K_2SO_4	393	241	322	395	191	189	456
$MgSO_4$	391	229	241	148	126	124	452
O_2 % vom Kontrollversuch K_1. $K_1 = 100$							
NaCl	100	114	129	106	47	23	113
KCl	100	105	109	90	42	13	113
$MgCl_2$	100	117	73	40	16	11	114
$CaCl_2$	100	125	85	54	21	9	114
NaJ	100	111	109	54	10	6	114
NaSCN	100	106	101	48	16	12	114
Na_2SO_4	100	55	88	93	34	16	114
K_2SO_4	100	62	82	100	49	48	114
$MgSO_4$	100	58	62	38	32	32	113

K_1: ohne Zusatz
K_2: 1fach Ringer

In dieser Tabelle zeigt auch Ringer eine geringe Steigerung im Sauerstoffverbrauch von etwas mehr als 10%.

Quellung.

Die Prüfung auf Quellung und Entquellung bildet einen Anhang zur eigentlichen Arbeit. Es war zu untersuchen, ob sich Beziehungen zwischen Atmung und Quellung herstellen ließen. Unter den neun verwendeten Salzen befinden sich solche von stark quellendem und entquellendem Charakter auf Gelatine. Stark quellend wirken das NaCl, NaJ und NaSCN, entquellend das KCl, $MgCl_2$, $CaCl_2$ und die Sulfate. Nach Hofmeister wirkt das Sulfat als Anion einer zweibasischen Säure entquellend durch sein Wasseranziehungsvermögen. Eine Quellung des Gewebes muß eine verminderte Sauerstoffaufnahme zur Folge haben, worüber bei der Besprechung der zweiten Versuchsreihe bereits Näheres gesagt wurde. Bei Durchsicht der Tabellen 4—6 läßt sich keine Regelmäßigkeit erkennen. Das Ganze bietet anscheinend ein wirres, ungeordnetes Bild. Salze, die nach Vergleich mit der entsprechenden O_2-Tabelle in bestimmten Konzentrationen stark quellend wirken müßten, zeigen manchmal das zu erwartende Verhalten, manchmal jedoch im Gegenteil eine Entquellung. So sind wie die Hofmeister'schen Versuche mit Tierblase auch vorliegende Ergebnisse höchst unvollkommen. Es scheitert alles an dem komplizierten Bau der Zellmembran, die eine Fülle bisher noch unerforschter Reaktionsmöglichkeiten bietet. Die gelösten Stoffe dringen eben nicht in die Zelle selbst ein, sondern werden von der Plasmahaut festgehalten. Die Quellungs- und Entquellungsergebnisse lassen sich vielleicht so erklären, daß die Salzlösungen nur die Membran verändern, sie entweder quellen oder entquellen lassen. Vielleicht ist es auch das Bindegewebe zwischen den Muskelfasern, welches sein Volumen verändert.

Es sei nun im Folgenden der Versuch gemacht, trotz der Unvollständigkeit der Ergebnisse Uebereinstimmungen zwischen Atmung und Quellung zu finden.

Versuchsreihe 4.

Die Salze wirken in neutraler Lösung ein. Die Ergebnisse sind in der Tabelle 4 enthalten. Sie werden verglichen mit denen der Tabelle 1. Letztere wies ein allgemeines Absinken der Atmung in sämtlichen Konzentrationen auf. Die Tabelle 4 zeigt

Tabelle 4

Quellung ausgewaschener Skelettmuskulatur

Zusatz: Bernsteinsaures Natrium

Quotient Gewebesäule : Gesamtsäule

Salz	Isotonie				
	K_1	0,25	1,0	4,0	K_2
NaCl	0,52	0,54	0,55	0,64	0,52
KCl	0,53	0,52	0,56	0,66	0,53
$MgCl_2$	0,53	0,56	0,54	0,72	0,53
$CaCl_2$	0,52	0,60	0,50	0,72	0,52
NaJ	0,53	0,51	0,53	0,64	0,52
NaSCN	0,53	0,51	0,61	0,67	0,53
Na_2SO_4	0,52	0,51	0,44	0,71	0,52
K_2SO_4	0,53	0,53	0,53	0,56	0,53
$MgSO_4$	0,53	0,52	0,53	0,71	0,53

Quellung % vom Kontrollversuch K_1. $K_1 = 100$

NaCl	100	105	106	124	100
KCl	100	98	105	127	100
$MgCl_2$	100	105	102	136	100
$CaCl_2$	100	113	97	139	100
NaJ	100	97	100	117	100
NaSCN	100	97	113	121	100
Na_2SO_4	100	98	85	136	100
K_2SO_4	100	100	100	105	100
$MgSO_4$	100	98	100	134	100

K_1: ohne Zusatz
K_2: 1fach Ringer

kein einheitliches Bild. KCl, $CaCl_2$, NaJ, NaSCN, Na_2SO_4 und $MgSO_4$ weisen in manchen Konzentrationen leichte Entquellung auf. Bei Na_2SO_4 beträgt die Entquellung in normaler Isotonie 15%. In der 4fachen Isotonie entsprechen sich beide Versuchs-

reihen. Die Tabelle 4 weist hier die höchsten Quellungswerte auf, die Tabelle 1 die größte Hemmung in der Sauerstoffaufnahme. Die höchsten Quellungswerte kommen fast ausschließlich den Salzen zu, die auch in Versuchsreihe 1 am meisten schädigen. K_2SO_4 weist die geringste Atmungsbehinderung auf, entsprechend dazu auch den kleinsten Quellungswert.

Versuchsreihe 5.

Diese Versuchsreihe befaßt sich mit der Quellung bezw. Entquellung des ausgewaschenen Muskels in saurer Lösung. Die Ergebnisse sind in Tabelle 5 enthalten. Als Vergleich dient Tabelle 2. Die Tabelle der Versuchsreihe 2 zeigte bei allen Salzen eine Hemmung in der Sauerstoffaufnahme, die mit steigender Konzentration der Salze zunahm. Entsprechend dazu weist die Tabelle 5 mit Erhöhung der Konzentration eine Quellungssteigerung auf, die bei jedem Salz in der 4fachen Isotonie den höchsten Wert erreicht. Jedoch zeigt sich nicht, daß die Salze, die den O_2-Verbrauch am stärksten hemmen, auch die größten Quellungswerte aufweisen. Ringerlösung im Kontrollversuch K_2 hemmte die Atmung um mehr als 70%. In Tabelle 5 weist sie eine Quellungssteigerung von ungefähr 15% zum Kontrollversuch K_1 auf.

Versuchsreihe 6.

Hier wird die Quellung in alkalischem Milieu geprüft. Die Ergebnisse sind in der Tabelle 6 enthalten. Zum Vergleich dient Tabelle 3. In der letzteren zeigte sich in den niederen Konzentrationen bei allen Salzen, die Sulfate ausgenommen, eine leichte Atmungssteigerung, in den höheren Konzentrationen eine starke Hemmung. In der 4fachen Isotonie hoben $CaCl_2$ und NaJ die Atmung ungefähr auf. Die geringste Schädigung machte K_2SO_4. Auch in der Tabelle 6 weist K_2SO_4 den geringsten Quellungswert auf. Bei NaJ und NaSCN liegen die höchsten Quellungswerte nicht in der 4fachen, sondern in der normalen isotonischen Konzentration. Erklärungen aus den Beziehungen zu der Tabelle 3 lassen sich nicht finden. Alle Salze mit Ausnahme der Sulfate zeigten in Versuchsreihe 3 eine leichte Atmungssteigerung in den niederen Konzentrationen. Die Tabelle 6 ergibt, daß bei NaCl, NaJ und NaSCN in der 0,25 fachen Isotonie eine leichte Quellung festzustellen ist.

Tabelle 5

Quellung ausgewaschener Skelettmuskulatur

Zusatz: Bernsteinsaures Natrium + Bernsteinsäure

Quotient Gewebssäule: Gesamtsäule

Salz	Isotonie				
	K_1	0,25	1,0	4,0	K_2
NaCl	0,46	0,45	0,50	0,59	0,52
KCl	0,46	0,52	0,57	0,64	0,52
$MgCl_2$	0,45	0,54	0,55	0,67	0,52
$CaCl_2$	0,45	0,48	0,51	0,49	0,52
NaJ	0,46	0,51	0,61	0,77	0,53
NaSCN	0,46	0,52	0,59	0,73	0,52
Na_2SO_4	0,45	0,54	0,57	0,61	0,52
K_2SO_4	0,46	0,50	0,56	0,60	0,53
$MgSO_4$	0,46	0,50	0,56	0,59	0,52

Quellung % vom Kontrollversuch K_1. $K_1 = 100$

NaCl	100	98	109	128	113
KCl	100	113	124	139	113
$MgCl_2$	100	120	122	149	115
$CaCl_2$	100	106	113	109	115
NaJ	100	111	132	168	115
NaSCN	100	111	132	167	113
Na_2SO_4	100	120	126	136	115
K_2SO_4	100	109	121	130	115
$MgSO_4$	100	111	122	128	113

K_1: ohne Zusatz
K_2: 1fach Ringer

Tabelle 6

Quellung ausgewaschener Skelettmuskulatur

Zusatz: Bernsteinsaures Natrium + Boraxlösung

Quotient Gewebssäule: Gesamtsäule

Salz	Isotonie				
	K_1	0,25	1,0	4,0	K_2
NaCl	0,56	0,58	0,57	0,73	0,56
KCl	0,56	0,52	0,55	0,70	0,56
$MgCl_2$	0,55	0,53	0,57	0,76	0,55
$CaCl_2$	0,55	0,55	0,59	0,67	0,55
NaJ	0,55	0,61	0,64	0,62	0,55
NaSCN	0,55	0,59	0,67	0,63	0,56
Na_2SO_4	0,56	0,59	0,54	0,71	0,56
K_2SO_4	0,56	0,57	0,56	0,63	0,56
$MgSO_4$	0,56	0,59	0,69	0,74	0,56

Quellung % vom Kontrollversuch K_1. $K_1 = 100$

NaCl	100	104	102	130	100
KCl	100	93	98	125	100
$MgCl_2$	100	97	103	128	100
$CaCl_2$	100	100	107	122	100
NaJ	100	111	116	113	100
NaSCN	100	107	122	114	100
Na_2SO_4	100	105	97	126	100
K_2SO_4	100	102	100	112	100
$MgSO_4$	100	105	123	132	100

K_1: ohne Zusatz
K_2: 1fach Ringer

Versuchsreihe 7.

In der Versuchsreihe 7 wurden Traubenzucker und Harnstoff auf ihre quellende Wirkung untersucht. Diese Stoffe wurden bei der Atmungsprüfung nicht verwendet. Dennoch wurde ihre Quellungswirkung geprüft, weil sie die beiden einzigen Stoffe sein sollen, die durch die Zellwand in das Protoplasma der Zelle selbst hineingehen.

Die Ergebnisse sind in den Tabellen 7 und 7a enthalten. Sie weichen insofern von denen der Neutralsalze ab, als sich beim Traubenzucker in alkalischer Lösung eine wirkliche Entquellung zeigt, die bei der 4fachen Isotonie um 21% unter dem Wert des Kontrollversuchs K_1 liegt. Bei Kendzia[26]), der die quellende Wirkung von Traubenzucker und Harnstoff auf frische Skelettmuskulatur beobachtete, ließ Traubenzucker in alkalischer Lösung entquellen, in neutraler und saurer Lösung zeigte sich, daß die höchsten Quellungswerte bei der niedrigsten Konzentration lagen, und daß die Höhe der Werte mit steigender Konzentration abnahm. Harnstoff verursachte bei ihm in allen Milieus eine Quellung, die mit steigender Konzentration zunahm. Auch in vorliegender Arbeit weist Harnstoff in allen Milieus eine mit steigender Konzentration zunehmende Quellung auf. In neutralem Milieu jedoch ist bei normaler Isotonie eine leichte Entquellung festzustellen, desgleichen bei Traubenzucker.

Zusammenfassung.

Es war Aufgabe der vorliegenden Arbeit, den Einfluß von NaCl, KCl, $MgCl_2$, $CaCl_2$, NaJ, NaSCN, Na_2SO_4, K_2SO_4 und $MgSO_4$ auf die Sauerstoffzehrung am ausgewaschenen Muskelgewebe zu prüfen. Die Ergebnisse zeigen, daß die Salze in neutralem und sauren Milieu in sämtlichen Konzentrationen schädigend auf die Gewebsatmung wirken. In alkalischer Lösung üben die Chloride, das NaJ und NaSCN in den niederen Konzentrationen keine hemmende Wirkung aus, sondern fördern den O_2-Verbrauch sogar ein wenig. Alle hypertonen Lösungen jedoch beeinflussen die Atmung ungünstig, sodaß sie stellenweise fast ganz aufgehoben ist. Die Sulfate zeigen in alkalischer Lösung ein abweichendes Verhalten im Vergleich zu den anderen Salzen: Während $MgSO_4$ in allen Konzentrationen hemmend

Tabelle 7

Quellung ausgewaſchener Skelettmuskulatur in Traubenzucker und Harnſtoff

Quotient Gewebssäule: Gesamtsäule

	Isotonie				
	K_1	0,25	1,0	4,0	K_2
Bernsteinsaures Na					
Traubenzucker	0,61	0,75	0,65	0,67	0,70
Harnstoff	0,61	0,67	0,58	0,68	0,70
Bernsteinsaures Na + Bernsteinsäure					
Traubenzucker	0,59	0,59	0,61	0,73	0,86
Harnstoff	0,58	0,59	0,59	0,66	0,85
Bernsteinsaures Na + Boraxlösung					
Traubenzucker	0,86	0,79	0,77	0,68	0,87
Harnstoff	0,86	0,91	0,92	0,96	0,87

K_1: ohne Zusatz
K_2: 1fach Ringer

Tabelle 7a

Quellung ausgewaschener Skelettmuskulatur in Traubenzucker und Harnstoff

Quellung % vom Kontrollversuch K_1. $K_1 = 100$

	Isotonie				
	K_1	0,25	1,0	4,0	K_2
Bernsteinsaures Na					
Traubenzucker	100	123	106	110	115
Harnstoff	100	110	95	112	115
Bernsteinsaures Na + Bernsteinsäure					
Traubenzucker	100	100	104	124	147
Harnstoff	100	102	102	114	146
Bernsteinsaures Na + Boraxlösung					
Traubenzucker	100	92	90	79	101
Harnstoff	100	106	107	111	101

wirkt, schädigen Mg_2SO_4 und K_2SO_4 in normaler Isotonie nicht, in allen anderen Konzentrationen dagegen ebenfalls. Alle drei Sulfate weisen bei der 0,25 fachen Isotonie eine erhebliche Hemmung auf, während die anderen Salze in der gleichen Konzentration leicht atmungsfördernd wirken. Dieses abweichende Verhalten der Sulfate zeigt sich jedoch nur in alkalischer Lösung.

Zusammenfassend läßt sich sagen, daß mit steigender Konzentration die Hemmung des O_2-Verbrauch bei allen Salzen zunimmt. Die geringste Schädigung macht in allen Milieus das K_2SO_4. Die Chloride verursachen alle starke Atmungsbehinderung, am stärksten von ihnen das $MgCl_2$ und $CaCl_2$. Die ausgesprochen hemmende Wirkung der beiden letzteren Salze konnte auch Kendzia in seiner Arbeit über die Einwirkung der neun Salze auf frische Skelettmuskulatur beobachten. NaJ und NaSCN, zwei stark quellend wirkende Salze, hemmen ebenfalls die Sauerstoffaufnahme sehr.

Aus der Versuchsreihe 2 geht hervor, daß sich der quellende und damit atmungshemmende Einfluß der Säure durch Zusatz von Neutralsalzen nicht aufheben ließ. Es wurde im Gegenteil weitere Schädigung in dem Sauerstoffaufnahmevermögen beobachtet.

Die Prüfung auf Quellung und Entquellung zeigt als Ergebnis ein Bild ohne Gesetzmäßigkeit. Vergleiche zwischen Atmung und Quellung lassen sich nur in großen Zügen herstellen. Salze, die nach ihrer stark hemmenden Wirkung auf die Atmung das Gewebe quellen lassen müßten, zeigen manchmal das zu erwartende Verhalten, manchmal jedoch im Gegensatz dazu eine Entquellung. In 4facher isotonischer Konzentration verursachen alle Salze die stärkste Hemmung des O_2-Verbrauches, entsprechend weisen sie bei der Prüfung auf Quellung in der höchsten Isotonie die größten Quellungswerte auf. Die starke Quellung des zerkleinerten Gewebes in höchster Konzentration steht in direktem Gegensatz zu den Ergebnissen Overton's [15]), der am intakten Froschmuskel in 0,6% NaCl-Lösung eine Quellung, in 0,7% Lösung ein stundenlanges Gleichbleiben und in 0,9% Lösung eine Schrumpfung feststellte. Es muß jedoch berücksichtigt werden, daß bei Overton's Versuchen die Zellen unversehrt waren. Beim zerkleinerten Muskel jedoch sind die langen Muskelzellen angeschnitten, sodaß sich andere Reaktionsmöglichkeit ergeben können. Dies zeigen auch die Versuchsergebnisse Winterstein's, der eine Quellung zerkleinerter Froschmuskulatur in hypertoner NaCl-Lösung beobachtete, während er bei intakter Muskulatur für normale Konzentration und hypertonische Konzentration ungefähr gleiche Werte fand.

Autoren-Verzeichnis:

1. Warburg, O. Hoppe-Seilers, Zeitschr. f. physik. Chemie 66, 305, 1910.
2. Warburg, O., Zeitschr. f. physik. Ch. 70, 413, 1911.
3. Meier, K., Inaug.-Dissert. Münster 1934.
4. Loeb, J., Pflügers Archiv f. d. ges. Phys. 91, 248, 1902.
5. Meyerhof, ebenda, 137, 105, 1924.
6. Lange, H., Zeitschr. f. phys. Chem. 137, 105, 1924.
7. Leibowitz, J., Bioch. Zeitschr. 350, 1930, Bd. 226.
8. Folsche, O., Inaug.-Dissert. Münster 1935.
9. Schäfer, P. u. Schmidt, G., Inaug.-Dissert. Münster 1936 unveröffentlicht.
10. Thunberg, Th., Skandinav. Arch. f. Phys. 25, 37, 1911.
11. Meyerhof, Pflüg. Arch. 175, 67, 1919.
12. Hofmeister, F., Arch. f. exp. Path. u. Pharm. 28. 210, 1890/91.
13. Donnan, F. G. Zeitschr. f. Elektrochem. 17, 572, 1911.
14. Höber, R. Handb. d. norm. u. path. Phys. I, 423, Verlag Springer Berlin 1925.
15. Overton, Pflüg. Arch. 105, 176, 1904.
16. Hanstein-Cranner, Jahrb. f. wissensch. Botanik 47, 288, 1910.
17. Winterstein, Biochem. Zeitschr. 75, 48, 1916.
18. Stiasny, Ackermann, Kolloidchem. Beih. 17. 219, 1923.
19. Loeb, J., Die Eiweißkörper u. d. Theorie der kolloid-chem. Erscheinungen 1924.
20. Pfeffer, Osmotische Unters. Leipzig 1877.
21. Traube, M., Arch. f. (Anat. u.) Phys. S. 87, 1867.
22. Lhermite, Ann. de Chim. et de Phys. 43, 420, 1855.
23. Nernst, Zeitschr. f. physikal. Chem. 6, 37, 1890.
24. Overton, Vierteljahresschr. d. naturforsch. Gesellsch. in Zürich 40, 1, 1895.
25. Nathansohn, Jahrb. f. wissensch. Botan. 39, 607, 1904.
26. Kendzia, B., Inaug.-Dissert. Münster 1936 unveröffentl.

Lebenslauf.

Am 9. Nov. 1912 wurde ich zu Essen-Katernberg als Sohn des Bergmanns Heinrich Hartmann geboren. Nach vierjährigem Besuch der Elementarschule ging ich auf das Realgymnasium meines Heimatortes über, wo ich zu Ostern 1932 die Reifeprüfung bestand. Im Sommersemester selbigen Jahres begann ich in Münster i. W. das Studium der Zahnheilkunde, bestand dort nach dem SS 1933 das Physikum und nach dem 7. Semester das zahnärztliche Staatsexamen.

Josef Hartmann.